

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

PCT/EP 00/08275

EP 00/9275

10/089012



4

REC'D 19 DEC 2000

WIPO

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 199 45 771.9

**Anmeldetag:** 24. September 1999

**Anmelder/Inhaber:** Dr. Mühlen GmbH & Co KG, Herten/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Vergasung von organischen Stoffen  
und Stoffgemischen

**IPC:** C 10 B, C 10 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. November 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

## Verfahren zur Vergasung von organischen Stoffen und Stoffgemischen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vergasung von organischen Stoffen und Stoffgemischen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

5

Aus der US-PS 4,568,362 [1] ist ein Verfahren zur Vergasung von organischen Stoffen und Stoffgemischen bekannt, bei dem die organischen Stoffe in einen Pyrolysereaktor geleitet werden, in dem diese Stoffe mit einem Wärmeträgermedium in Kontakt kommen, wodurch eine schnelle Pyrolyse stattfindet, bei der diese Stoffe in Pyrolyseprodukte, d.h. Pyrolysegase mit kondensierbaren Stoffen und festen kohlenstoffhaltigen Rückstand umgesetzt werden. Die nötige Wärmeenergie für die Pyrolyse wird durch Verbrennen des festen kohlenstoffhaltigen Rückstandes erzeugt. Die teerhaltigen Pyrolysegase werden in einer zweiten Reaktionszone derart Crackreaktionen und Reaktionen mit Wasserdampf unterworfen, daß ein Produktgas mit hohem Heizwert erhalten wird.

10

15

20

25

30

Bei diesem Verfahren erfolgt sowohl die Pyrolyse, als auch die Verbrennung des festen, kohlenstoffhaltigen Rückstandes in einer Wirbelschicht. Im oberen Teil des Pyrolyse- Wirbelschichtreaktors ist eine Reaktionszone für die teerhaltigen Pyrolysegase vorgesehen. Das Wärmeträgermedium wird zusammen mit dem festen kohlenstoffhaltigen Rückstand zum Teil über den Reaktorkopf des Pyrolyse- Wirbelschichtreaktors und der restliche Anteil über eine Leitung, die an der oberen Wirbelschichtgrenze angeordnet ist, ausgetragen und der Wirbelschichtfeuerung zugeführt. Dort wird der feste kohlenstoffhaltige Rückstand verbrannt und das Wärmeträgermedium aufgeheizt. Das aufgeheizte Wärmeträgermedium und die Asche werden zusammen mit dem Abgas aus der Wirbelschichtfeuerung ausgetragen und in einem oberhalb des Pyrolyse- Wirbelschichtreaktors angeordneten Gas-Feststoff-Abscheider abgetrennt und der Reaktionszone des Pyrolysereak-

tors zugeführt, von der sie wieder in die Wirbelschicht des Pyrolysereaktors fallen (Wärmeträgermedium-Kreislauf).

Das Betreiben dieser Wirbelschichten ist jedoch sehr aufwendig, und eine  
5 Beeinflussung der Reaktionen der Pyrolysegase in der Reaktionszone ist kaum möglich. Zudem muß in der Reaktionszone hoch überhitzter Wasserdampf eingesetzt werden, was wiederum den Einsatz aufwendig aufbereiteten Wassers voraussetzt.

10 Aus der DE-PS 197 55 693 [2] ist ein Verfahren zur Vergasung von organischen Stoffen und Stoffgemischen bekannt, bei dem die organischen Stoffe in einem Wanderbettreaktor mit einem Wärmeträgermedium in Kontakt gebracht werden, wodurch eine schnelle Pyrolyse stattfindet, bei der die organischen Stoffe einesteils in einen kohlenstoffhaltigen, festen Rückstand, an  
15 dernteils in ein aus kondensierbaren, flüchtigen und gasförmigen Bestandteilen bestehendes Pyrolysegas umgesetzt werden.

Danach werden der Wärmeträger und der Pyrolysekoks einer Verbrennung zugeführt, in welcher zum einen der kohlenstoffhaltige Rückstand verbrannt,  
20 zum anderen das Wärmeträgermedium aufgeheizt wird, bevor es wieder der Pyrolyse zugeführt wird.

Das teerhaltige Pyrolysegas wird nach Zufügung eines Reaktionsmittels – in der Regel Wasserdampf – in einer als indirekter Wärmetauscher ausgeführten, zweiten Reaktionszone derart nacherhitzt, daß ein Produktgas mit hohem Heizwert erhalten wird, wobei die indirekte Beheizung dieses Wärmetauschers durch die Verbrennungsabgase unter deren Abkühlung erfolgt. Die Asche wird nach der Feuerung aus einem Teilstrom des Gemisches aus Wärmeträger und Asche des festen, kohlenstoffhaltigen Rückstandes mechanisch vom Wärmeträger abgetrennt, abgekühlt und ausgeschleust.  
30

- Dieses Verfahren weist jedoch einige Aspekte auf, die eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens aufwendig und teuer machen und sowohl den Betrieb als auch die Verfügbarkeit nachteilig beeinflussen können: Zum ersten wird der Wärmeträger im aufgeheizten Zustand von der Verbrennung
- 5 zurück in die Pyrolyse gefördert, d.h. bei einer Temperatur weit oberhalb der Pyrolysetemperatur, die mit 550 - 650 °C angegeben wird. Dadurch muß auf werkstofflich und mechanisch besonders aufwendige Förderorgane zurückgegriffen werden. Ferner muß, insoweit der aufgeheizte Wärmeträger noch mit Asche vermischt ist, mit Erweichung der letzteren und damit Verbak-
- 10 kungsproblemen gerechnet werden. Zum zweiten erfordert der verwendete, indirekte Wärmetauscher aufgrund seiner Arbeitsbedingungen – beiderseits Temperaturen 500 – 1.000 °C, einerseits reduzierende Bedingungen, stark korrosive Bestandteile sowohl im Pyrolyse- und Produktgas als auch im Verbrennungsabgas – sehr aufwendige Werkstoffe und aufgrund möglicher
- 15 Ascheerweichung ein zusätzliches, unter Umständen aufwendiges Abreinigungssystem. Die Gefahr der Ascheanbackung im Wärmetauscher setzt auch dem Betrieb und der Gestaltung der Feuerung enge Grenzen. Eine weitere Schwierigkeit besteht im Zumischen von Dampf zu den Pyrolysegasen: Entweder der Dampf wird mit großem Aufwand hoch überhitzt oder man
- 20 erhält eine Absenkung der Temperatur, die zu Kondensation von Teer und damit zu Verbackungsproblemen führen kann. Schließlich sind Situationen denkbar, in denen ein definierter Wärmeübergang an das wieder aufzuheizende Wärmeträgermedium in der Feuerung nicht gewährleistet werden kann. So ist zu befürchten, daß sich der Pyrolysekoks und das Wärmeträ-
- 25 ~~germedium in der Feuerung entmischen, so daß beispielsweise im Fall einer Rostfeuerung der Pyrolysekoks oben auf der Schicht abbrennt, während das Wärmeträgermedium sogar noch durch die von unten anströmende Rostluft abgekühlt wird.~~
- 30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfach durchzuführendes Verfahren zur Erzeugung eines hochwertigen, unverdünnten und heizwer-

treichen Produktgases mit geringem, apparativem Aufwand zur Verfügung zu stellen, bei dem der Einsatz von Wirbelschichten oder Wärmetauschern mit beidseitig hoher Temperatur vermieden wird, und bei dem der Wärmeübergang aus der Feuerung an das Wärmeträgermedium in besonders definierter Weise erfolgt.

- Diese Aufgabe wird durch die Merkmalskombination des Anspruches 1 gelöst. Ähnlich wie in [2] wird der Grundgedanke weiterverfolgt, das Verfahren in drei einfach durchzuführende Verfahrensschritte aufzuteilen: Eine schnelle
- 10 Pyrolyse, Gewinnung des Produktgases aus den Pyrolysegasen nach Zumischung von Prozeßdampf in homogenen Gasphasenreaktionen unter Wärmezufuhr, Erzeugung der für die Pyrolyse und die Gasphasenreaktionen benötigten Wärme durch Verbrennen des Pyrolysekokes, eines festen, kohlenstoffhaltigen Rückstandes. Eine wesentliche Weiterung stellt jedoch
- 15 der Gedanke dar, die Wärme der Feuerung in definierter Weise und erzwungen an das Wärmeträgermedium zu übertragen. Bringt man nämlich, wie in [2] beschrieben, den Pyrolysekoks und das Wärmeträgermedium als Gemisch in die Feuerung ein, so muß damit gerechnet werden, daß sich beispielsweise auf einem Verbrennungsrost das Wärmeträgermedium und der
- 20 Pyrolysekoks entmischen, so daß während der Verbrennung das Wärmeträgermedium nicht nur ungenügend aufgeheizt, sondern sogar noch durch die von unten den Rost durchströmende Verbrennungsluft gekühlt wird. Lediglich in einem Drehrohrofen oder einer Wirbelschicht ist eine definierte und erzwungene Wärmeübertragung denkbar, da hier die Feststoffe über die
- 25 ~~schürende Wirkung eines Rostes hinaus intensiv durchmischt werden.~~ Dabei ist jedoch ein Drehrohrofen eine sehr teure Feuerung mit schlechter Luftzumischung, während aus den vorgenannten Gründen eine Wirbelschicht nicht in Betracht kommt.
- 30 Erfindungsgemäß wird daher unmittelbar nach Verlassen des Pyrolysereaktors das Gemisch aus dem Pyrolysekoks und dem Wärmeträgermedium auf-

getrennt, und der Pyrolysekoks in die Feuerung verbracht, während das Wärmeträgermedium in eine Aufheizzone gefördert wird, in der es als Schüttung von heißem Rauchgas durchströmt und so definiert aufgeheizt wird. Durch die damit erreichte Entkoppelung der Verbrennung des Pyrolysekoks einerseits und der Aufheizung des Wärmeträgermediums andererseits wird zweierlei erreicht: Zum einen kann die Verbrennung des Pyrolysekoks vollständig den Erfordernissen dieses Brennstoffs angepaßt werden, daß heißt, grundsätzlich kommt wieder jeder Feuerungstyp in Betracht. Zum andern kann die Aufheizzone des Wärmeträgermediums in einen beliebigen Punkt einer Anlage nach dem erfindungsgemäßen Verfahren verlagert werden, so daß an die Stelle des aufwendigen, mechanischen Transportes des auf maximale Prozeßtemperatur aufgeheizten Wärmeträgermediums lediglich die vergleichsweise einfache Förderung eines heißen Abgases aus einer Feuerung und der Transport des Wärmeträgermediums mit der niedrigsten Prozeßtemperatur - der Sockeltemperatur nach Verlassen des Pyrolyseaktors - in die Aufheizzone tritt.

Erfindungsgemäß wird die Pyrolyse des organischen Stoffes in einem Reaktor durchgeführt, der bei größtmöglicher, apparativer Einfachheit und robuster Betriebsweise den Übergang der für die Aufheizung, Trocknung und Pyrolyse notwendigen Wärme auf möglichst effektive Weise erlaubt. Damit kommt in der Regel ein Wanderbettreaktor oder eine Drehtrommel für diese Aufgabe in Frage. Die Pyrolysetemperatur liegt dann vorzugsweise in einem Bereich zwischen 500 und 650 °C.

25

Die Art der Trennung von Pyrolysekoks und Wärmeträgermedium hängt von der Beschaffenheit des Wärmeträgermediums ab und kann auf verschiedene Weise erfolgen. Eine mechanische Trennung kann beispielsweise mit einer zweistufigen Siebung erfolgen. Günstig wirkt sich dabei aus, daß die Temperatur der zu trennenden Medien nur ca. 500 - 600 °C beträgt, so daß auf marktgängige Werkstoffe zurückgegriffen werden kann. Die Trennung durch

30

Siebung in zwei Stufen kommt dann in Betracht, wenn das Wärmeträgermedium aus formbeständigen Partikeln innerhalb eines engen Korngrößenspektrums besteht. Dabei wird der Wärmeträger als Mittelgut abgezogen, während der Pyrolysekoks als Grob- und Feingut abgezogen wird. Solange

5 die beiden Siebschnitte nahe genug beisammen sind, gelangt anteilig recht wenig Pyrolysekoks in das Wärmeträgermedium, wo es in der Regel nicht stört. Eine weitere Möglichkeit ist die Benutzung eines Wärmeträgers mit magnetischen Eigenschaften, etwa Stahlkugeln. Diese können mit Hilfe eines Magneten aus der Mischung abgetrennt werden. Hierbei ist allerdings

10 anzumerken, daß die magnetische Abscheidung heißer Schüttgüter noch nicht mit marktüblichen Komponenten bewerkstelligt werden kann. Schließlich bietet sich als Möglichkeit die Windsichtung an, wenn das Wärmeträgermedium eine ausreichende Dichte aufweist. Als Sichterfluid bietet sich dabei die Verbrennungsluft an, vorzugsweise allerdings aus Sicherheits-

15 gründen ein Teilstrom zurückgekreisten Rauchgases. Es empfiehlt sich in einem solchen Fall, die Feuerung sehr nahe bei der Trennstufe anzuordnen. Die Feuerung sollte dann vorteilhaft Gebrauch von der Fluidisierung bzw. Dispersion des Brennstoffs im Trägergas machen, wie zum Beispiel eine Zyklonfeuerung.

20

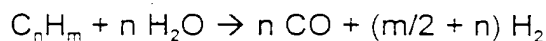
Durch die Trennung von Wärmeträgermedium und Pyrolysekoks ist nunmehr der Feuerungstyp nahezu unerheblich. Es gelten jedoch einige Randbedingungen: Zum einen ist bei gegebener Temperatur des Reformings das Rauchgas am Ende der Feuerung mit einer Temperatur abzugeben, die die

25 Wärmeverluste auf dem Wege zur Aufheizzone, die Grädigkeit der Wärmeübertragung an das Wärmeträgermedium innerhalb der Aufheizzone und die Grädigkeit des Wärmeträgers beim Wärmeübergang in der zweiten Reaktionszone während des Reformings berücksichtigt. Beträgt beispielsweise die Temperatur des Reforming 1.000 °C, dann sollte der Wärmeträger bei Eintritt

30 in diese Zone ca. 1.050 °C heiß sein. Bei entsprechender Auslegung der Aufheizzone kann dies mit 1.075 °C heißem Rauchgas erzielt werden. Um

die Verluste des Weges von der Feuerung zu dieser Aufheizzone abzudecken, muß das Abgas beim Verlassen der Feuerung etwas heißer sein, also beispielsweise 1.100 °C. Zum andern müssen vielfach bezüglich des mineralischen Anteils des Pyrolysekokes bestimmte Randbedingungen eingehalten werden. So braucht zwar grundsätzlich ein Schmelzen oder Versintern der Asche nicht ausgeschlossen zu werden, aber die Asche als Produkt kann einen trockenen Abzug der Asche unter Vermeidung jeglicher Erweichung erforderlich machen, beispielsweise, wenn Hühnermist vergast werden, und die erzeugte Asche als hochwirksamer, wertvoller Dünger verwendet werden soll. In solchen Fällen kann zum Beispiel gestufte Verbrennung mit understöchiometrischem Betrieb eingesetzt werden, bei der erst durch Zufügung von Sekundärluft der vollständige Ausbrand und damit die notwendige Temperatur erzeugt wird. Noch zu erwähnen ist, daß in Fällen, in denen der gebildete Pyrolysekoks nicht zur Erzeugung der Prozeßwärme ausreicht, Produktgas zugefeuert werden kann.

Die zweite, wesentliche Ergänzung stellt die nunmehrige Einbeziehung der zweiten Reaktionszone in den Wärmeträgerkreislauf dar: Die Reformierung geschieht in direktem Kontakt mit dem Wärmeträgermedium nach den bekannten Reaktionen mit Wasserdampf, beispielsweise



Dadurch werden Anbackungen infolge von möglicher Rußbildung und anderen Crackprozessen nunmehr tolerierbar, da wegen der Umwälzung des Wärmeträgermediums die wärmeübertragenden Oberflächen immer wieder regeneriert werden. Die Folge der Einbeziehung der zweiten Reaktionszone in den Wärmeträgerkreislauf ist eine erhebliche Vergrößerung des Wärmeträgerkreislaufes.



Das Verfahren eröffnet erfindungsgemäß mindestens zwei prinzipielle Möglichkeiten der Führung des Wärmeträgerkreislaufes. Bezüglich des Wärmeträgers können die zweite Reaktionszone und der Pyrolysereaktor hintereinander oder parallel geschaltet sein. Der wesentliche Vorteil der Hintereinanderschaltung ist die apparative Einfachheit: Die Aufheizzone, die zweite Reaktionszone und der Pyrolysereaktor sind untereinander angeordnet, so daß sich das Wärmeträgermedium schwerkraftgetrieben von oben nach unten durch die Anordnung bewegt. Die Pyrolyse wird gegenüber der in [2] beschriebenen Anordnung insoweit verändert, als daß nun mit sehr viel mehr Wärmeträgermedium mit allerdings deutlich geringerer Temperatur die Pyrolyse durchgeführt werden muß. Tritt zum Beispiel das Wärmeträgermedium mit 1.050 °C in die zweite Reaktionszone zum Zweck des Reforming ein, so verläßt es diese mit nur noch ca. 750 °C. Bei der Parallelschaltung ändert sich die Pyrolysestufe gegenüber der in [2] beschriebenen Anordnung nicht. Infolge der Aufteilung des heißen Wärmeträgerstromes auf Pyrolysereaktor und zweite Reaktionszone und der anschließenden Zusammenführung ist allerdings mit höherem apparativem Aufwand zu rechnen. Daher ist die Parallelschaltung in den Fällen zu bevorzugen, in denen die Berührung des Einsatzstoffes mit besonders heißem Wärmeträgermedium vorteilhaft ist.

Schließlich soll noch auf die Zumischung von Prozeßdampf zu den Pyrolysegasen vor dem Reforming in der zweiten Reaktionszone eingegangen werden: Diese hat im Überschuß bezüglich der zu erwartenden homogenen Gasphasenreaktionen zu erfolgen, da nur so eine mögliche Rußbildung konsequent unterdrückt werden kann. Ein Anhaltspunkt hierfür besteht in der Einhaltung einer gewissen Wasserdampfkonzentration im frischen Produktgas, nämlich beispielsweise 20 Vol.-% oder mehr. Andererseits ist zu erwarten, daß eine Mengenregelung der Prozeßdampfzugabe mit einer Wasserdampfkonzentration als Meßgröße sehr aufwendig und teuer sein dürfte. Besser dürfte die Einstellung eines festen Wertes sein, der über eine ohnehin möglicherweise vorhandene Mengenmessung leistungsabhängig geführt

wird. Eine Gestaltungsmöglichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens, die hier in jedem Fall erwähnt werden soll, besteht in der Wahl des Ortes der Vermischung des Prozeßdampfes mit dem Pyrolysegas. Diese muß zwar spätestens vor Eintritt in die zweite Reaktionszone, den Reformer, erfolgen, kann aber stromaufwärts in den Pyrolysereaktor und dort beliebig innerhalb des Pyrolysereaktors verlagert werden bis an dessen unteres Ende. Mit dem unteren Ende des Pyrolysereaktors ist dabei der Austritt des Gemisches aus Wärmeträgermedium und dem festen, kohlenstoffhaltigen Rückstand gemeint. Hierdurch ändert sich zwar die Aufteilung des Wärmeeinsatzes zwischen Pyrolyse und Reforming, aber letztlich ist das Spülen der Pyrolyse mit Dampf bei Dampfzugabe in der Nähe des feststoffseitigen Austritts aus dem Pyrolysereaktor in mehrerlei Hinsicht vorteilhaft: Zum ersten wird so die Temperatur des Pyrolysegases auf dem Weg in die zweite Reaktionszone an keiner Stelle abgesenkt, so daß nicht mit Kondensation zu rechnen ist. Zum zweiten ist bekannt [3], daß die Ausbeute flüchtiger Bestandteile bei der Pyrolyse von Biomassen durch Spülen mit Wasserdampf erhöht werden kann. Dies kann vorteilhaft sein, da eine zu hohe Ausbeute an festem Pyrolyseprodukt über den Wärmebedarf des Verfahrens hinaus die Ausbeute an Produktgas und - damit zusammenhängend - den Kaltgaswirkungsgrad schmälert. Schließlich und zum dritten wird hierdurch einer möglichen Leckage von Pyrolysegas in Richtung der Trennstufe für Wärmeträgermedium und Pyrolysekoks vorgebeugt.

**Fig. 1** zeigt eine mögliche Ausgestaltung des Erfindungsgegenstandes. Es handelt sich hierbei um die weiter oben dargestellte Serienschaltung, bei der von oben nach unten die Aufheizzone, die zweite Reaktionszone (Reformer) und der Pyrolysereaktor hintereinandergeschaltet sind. Der Einsatzstoff **101** wird über eine Fördereinrichtung **102** und die Schleuse **103** in den Pyrolysereaktor **104** geleitet. Die Fördereinrichtung **102** ist als Förderschnecke, Bandförderer oder ähnliches ausgeführt und kann beheizt sein, wobei Niedertemperaturwärme **151** aus der Abhitzennutzung des Abgases und des

- Produktgases (siehe weiter unten) mit Vorteil - nämlich zur Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades - eingesetzt werden kann. Die Brüden **152** werden, wenn es sich um ein offenes System handelt, in die Umgebung abgegeben, ansonsten entweder dem Pyrolysereaktor **104** oder der Feuerung **105** zuge-
- 5 geben. Die Zugabe in den Pyrolysereaktor **104** hat den Vorteil, daß weniger Prozeßdampf zugeführt werden muß. Technisch einfacher ist jedoch die Zugabe in die Feuerung **105**, da diese in einem leichten Unterdruck betrieben wird. Der Pyrolysereaktor **104** ist vorzugsweise als zylindrischer Schacht ausgeführt. Neben dem Einsatzstoff fällt hier hinein auch das Wärmeträger-
- 10 medium, von der zweiten Reaktionszone (Reformer) **107** kommend, über die Schleuse **106**. Diese ist von beliebiger Bauart, vorteilhaft jedoch als Zellenradschleuse oder Taktschubschleuse ausgeführt, und braucht nicht gasdicht zu sein.
- 15 Zunächst werde der weitere Weg der ausgetriebenen Flüchtigen beschrieben. Diese verlassen den Pyrolysereaktor **104** im Gemisch mit dem zugeführten Prozeßdampf **109** über eine separate Leitung **108** hin zur zweiten Reaktionszone **107**. Grundsätzlich wäre auch der Weg über die Schleuse **106** und damit der Wegfall der separaten Leitung **108** möglich, nämlich
- 20 dann, wenn diese sich permeabel ausführen ließe dergestalt, daß sie für Gas zu jeder Zeit unbeschränkt durchlässig ist, während das Wärmeträgermedium nur dosiert oder im Rahmen des Schleusvorganges getaktet hindurchtreten kann. Während nämlich das Wärmeträgermedium nur dosiert in den Pyrolysereaktor **104** eintreten darf mit der Möglichkeit, den Zufluß ganz
- 25 zu unterbrechen, muß stets die gesamte Pyrolysegasmenge nebst dem zugemischten Prozeßdampf **109** ungehindert entweichen können. Durch eine entsprechende Gestaltung des Bodens der zweiten Reaktionszone (Reformer) **107** wird der Strom der Flüchtigen aus der Pyrolyse auf einem möglichst langen Weg durch die im Reformer befindliche Schüttung aus Wärmeträgermedium **110** geleitet. Letztere bewegt sich im Gegenstrom zu dem
- 30 unter Aufheizung zu Produktgas reagierenden Gasgemisch von oben nach

unten und kühlt sich dabei ab. Im oberen Teil des Reformers 107 kann sich zur Unterstützung des Umwandlungsvorganges der Katalysator 111 in Form einer Schüttung oder, bevorzugt, einer Wabenpackung befinden. Es ist wichtig, daß sich der Katalysator 111 am oberen, heißen Ende des Reformers 107 befindet, da das entstehende Produktgas an dieser Stelle noch  
5 ungereinigt ist und folglich in Abhängigkeit vom Einsatzstoff 101 noch eine Reihe von Katalysatorgiften wie etwa Schwefel enthalten kann, viele Katalysatoren wie z.B. solche auf Nickelbasis, jedoch bei hoher Temperatur unempfindlicher werden und sogar regeneriert bzw. „freigebrannt“ werden können. Dies könnte im Reformer 107 sehr einfach z.B. durch von Zeit zu Zeit  
10 erfolgende, geringe Luftzumischung erreicht werden, wobei allerdings in dieser Zeit eine Einbuße der Produktgasqualität in Kauf zu nehmen wäre. Nach oben verläßt der Produktgasstrom 112 den Reformer 107. An dieser Stelle liegt gleichzeitig die höchste Temperatur des gesamten Pyrolysegas- bzw.  
15 Produktgaspfades vor, so daß die fühlbare Wärme des Produktgasstromes 112 auf jeden Fall genutzt werden sollte. Dies kann vorteilhaft innerhalb des Abhitzekessels 113 geschehen. Zumindest ein Teil des dort erzeugten Dampfes kann dann als Prozeßdampf 109 dem Prozeß wieder zugeführt werden. Nach der Abhitzennutzung tritt das rohe Produktgas in die Reinigungs- und Konditionierungsstufe 114 ein, deren Wirkungsweise dem nach-  
20 folgenden Einsatzzweck des Produktgases angepaßt und an sich bekannt ist. In der Reinigungsstufe 114 ist gleichzeitig eine Konditionierung des dort in der Regel durch Abkühlung des Produktgases erhaltenen, wäßrigen Kondensates enthalten. Die Einstellung des Drucks im Pyrolysereaktor 104 -  
25 vorzugsweise leichten Überdruck - sowie den Transport des Produktgases und seiner Vorläufer übernimmt der Ventilator 115. Hinter dem Ventilator 115 verläßt der gereinigte Produktgasstrom 116 die Anlage. Der ggf. konditionierte Kondensatstrom 153 kann nun dem Abhitzekessel 113 als Speisewasser zugeführt oder in der Feuerung 105 eingedampft werden, so daß  
30 grundsätzlich eine abwasserfreie Führung des Gesamtprozesses möglich ist. Eine Möglichkeit, das Kondensat der Feuerung zuzuführen, besteht darin,

daß das Kondensat der weiter unten beschriebenen Trennstufe **121** zugeführt und unter Abkühlung des Wärmeträgers oder des kohlenstoffhaltigen Rückstandes eingedampft wird, und die Brüden der Feuerung zugeführt werden. Soll die fühlbare Wärme sehr weitgehend genutzt, und ggf. Dampf  
5 an externe Verbraucher abgegeben werden (worunter auch die externe oder ggf. im Förderer 102 interne Konditionierung des Einsatzstoffes zählt), dann empfiehlt sich der alleinige Einsatz von Frischwasser **154** als Speisewasser, während das Kondensat 153 möglichst komplett verworfen oder „verbrannt“ wird.

10

Im folgenden soll der Weg des Wärmeträgermediums und des Pyrolysekokes weiter verfolgt werden. Das Gemisch aus Wärmeträgermedium und Pyrolysekoks tritt durch die Schleus- und Fördereinheit **120** in die Trennstufe **121** ein. Deren Wirkweise - mechanisch durch Siebung oder Sichtung oder  
15 magnetisch - wurde bereits weiter oben beschrieben. Danach gelangt der abgetrennte Pyrolysekoksstrom **122** - am besten unverzüglich - in die Feuerung 105. Dort wird er mit der Verbrennungsluft **155** zu einem heißen Abgas verbrannt, welches über die Heißgasleitung **123** zur Aufheizzone **117** des Wärmeträgermediums (Vorwärmer) gefördert wird. Die Möglichkeiten, über  
20 den Luftüberschuß oder Rauchgasrückführung, sowie gestufte Verbrennung die Temperatur im Brenngut und die Rauchgastemperatur voneinander zu entkoppeln, so daß trotz der erforderlichen Rauchgastemperatur trocken entascht werden kann, werden als bekannt vorausgesetzt und daher nicht weiter besprochen. Zu erwähnen bleibt noch der Asche-/Schlackestrom **156**,  
25 der die Feuerung nach außen verläßt und auf diesem Wege ggf. abgekühlt wird.

Das Wärmeträgermedium wird mit dem Förderorgan **124** unmittelbar zum Vorwärmer 117 gefördert. Das Förderorgan soll für den in mechanischer  
30 Hinsicht schonenden Transport heißen Materials unter Minimierung von Wärmeverlusten ausgelegt sein. In erster Linie ist dabei an den Einsatz ei-

nes Becherwerkes, eines Rohrkettenförderers oder eines Kübelaufzuges zu denken.

In der vorliegenden, erfindungsgemäßen Ausführung ist der Vorwärmer 117  
5 unmittelbar oberhalb des Reformers 107 angeordnet und von diesem  
gasseitig durch die Schleuse 118 getrennt. Letztere muß so weit wie möglich  
gasdicht sein, damit keine Vermischung von Rauchgas und Produktgas ein-  
tritt. Bezüglich der Bauart gibt es für die Schleuse 118 keine besonderen  
Anforderungen. Analog zum Reformer 107 durchströmt das Abgas den Vor-  
10 wärmer von unten nach oben im Gegenstrom zum Wärmeträgermedium.  
Dieses tritt mit der Sockeltemperatur des Prozesses von ca. 500 °C oben in  
den Vorwärmer 117 ein. Diese Sockeltemperatur ergibt sich aus der Pyroly-  
se-Endtemperatur abzüglich einer Temperaturerniedrigung aufgrund von  
Wärmeverlusten. Wird der Vorwärmer 117 (Analoges gilt für den Reformer  
15 107) groß genug ausgeführt, so können die Förderung 124, sowie die  
Schleusorgane 118 und 106 nahezu beliebig diskontinuierlich arbeiten.

Das Abgas verläßt den Vorwärmer 117 mit einer geringfügig über der Sok-  
keltemperatur liegenden Temperatur. In der Regel ist die Abgasmenge deut-  
20 lich größer als die des Produktgases. Folglich ist die Nutzung der Abwärme  
des Abgases nach Verlassen des Vorwärmers hier dringend geboten. Dies  
geschieht bevorzugt durch Vorwärmung der Verbrennungsluft im Luftvor-  
wärmer (LUVO) 125, da auf diese Weise die zurückgewonnene Wärme nach  
der Verbrennung wieder exergetisch nutzbar oberhalb der Sockeltemperatur  
25 von ca. 500 °C wieder zur Verfügung steht. Diese Art der Wärmeverschie-  
bung ist auf dem Wege der Dampferzeugung nicht oder nur mit unverhält-  
nismäßig großem Aufwand darstellbar. Nach dem LUVO 125 sind die ab-  
hängig vom Einsatzstoff und den gültigen Emissionsbegrenzungen zu konfi-  
gurierende und in ihrer Wirkungsweise an sich bekannte Reinigungsstufe  
30 126 und das Saugzuggebläse 127 angeordnet. Das gereinigte Abgas 157  
wird in der Regel in die Umgebung abgegeben, wobei ein Teilstrom 158 in

die Feuerung 105 zwecks besserer Temperaturführung zurückgeführt werden kann.

**Fig. 2** zeigt vereinfacht den verfahrenstechnischen Kern der Anlage in der wärmeträgerseitigen Parallelschaltung von zweiter Reaktionszone (Reformer) und Pyrolysereaktor. Der Weg des Einsatzstoffes **201** durch den Pyrolysereaktor **202** und die Trennstufe **203** zur Feuerung **204** (Verbrennungsluft **251**) bleibt im wesentlichen gleich. Allerdings befindet sich hier der Reformer **205** neben dem Pyrolysereaktor auf etwa gleicher Höhe, und der die Aufheizzone darstellende Vorwärmer **206** über dem Pyrolysereaktor **202** und dem Reformer **205**. Aus dem Vorwärmer **206** wird über die nunmehr zwei angedeuteten Austragstrichter und die unabhängig voneinander betreibbaren Dosierschleusen **207** und **208** das maximal aufgeheizte Wärmeträgermedium parallel in den Reformer **205** und den Pyrolysereaktor **202** gefördert. Das den Reformer **205** verlassende Wärmeträgermedium wird nicht über die Trennstufe **203** geführt. Das durch den Pyrolysereaktor **202** gegangene und in der Trennstufe **203** vom Pyrolysekoks getrennte Wärmeträgermedium und das durch den Reformer **205** gegangene Wärmeträgermedium werden jedoch im Förderorgan **209** gemeinsam in den Vorwärmer **206** verbracht. Bezüglich des Rohproduktgasstromes **210** und des Abgasstromes **211** nach Vorwärmer **206** ist dann jedoch alles genauso wie bei der in **Fig. 1** dargestellten Serienschaltung, so daß an dieser Stelle die Darstellung der Parallelschaltung abgebrochen werden kann.

**Fig. 3** zeigt stark vereinfacht einen speziellen Einsatzfall des erfindungsgemäßen Verfahrens am Beispiel der in **Fig. 1** gezeigten Serienschaltung, wobei dieser Einsatzfall bei der in **Fig. 2** gezeigten Parallelschaltung in entsprechender Weise funktioniert. Hierbei tritt der Einsatzstoff **300** wie gewohnt in den Pyrolysereaktor **301** ein und durchläuft diesen unter Bildung von Pyrolysekoks. Dieser wird jedoch hier in der Trennstufe **302** vom Wärmeträgermedium abgetrennt und über die Abkühlungs- und Konditionierungsstufe **303**

als verwertbarer Koks **304** aus dem Prozeß abgezogen und auf beliebige Weise weiter verwendet. Die Stufe 303 kann hierbei beispielsweise ein unter Vakuum stehender Wechselbehälter, aber auch eine Kokstrockenlöschanlage sein. Die Feuerung **305** wird nun mit wenigstens einem der folgenden

5 Brennstoffe zum Zweck der Aufheizung des Wärmeträgermediums verbrannt: einem fremden Brennstoff **306** oder einem Teilstrom Produktgas **307** oder einem Teilstrom Pyrolysekoks **308**. Der Brennstoff 306 kann aber auch ein Teilstrom des Einsatzstoffes 300 sein, sofern sich dieser verfeuern läßt. Dies ist insbesondere für das Anfahren einer Anlage nach dem erfindungs-

10 gemäßen Verfahren von Bedeutung. Ansonsten kommen eine Vielzahl von gasförmigen, flüssigen oder festen Brennstoffen in Betracht: Soll beispielsweise das Produktgas als Reduktionsmittel in einem Verhüttungsprozeß genutzt werden, so kann eventuell Gichtgas oder irgendein anderes Schwachgas als Brennstoff 306 eingesetzt werden. In den in Fig. 3 beschriebenen

15 Fällen ist der Standort der Feuerung 305 nicht mehr zwangsläufig in direkter Nähe zur Trennstufe 302, sondern kann etwa in unmittelbare Nähe der Aufheizzone **309** gelegt werden. Der Reformer **310** wird hiervon nicht berührt, ebensowenig die Qualität des Produktgases **311** und die weitere Behandlung des Abgases **312**. In Fig. 3 sind weiterhin gezeigt: Die Fördereinrichtung für das Wärmeträgermedium **313**, die Aufgabeschleuse für den Ein-

20 satzstoff **320**, die Schleuse zwischen Reformer und Pyrolysereaktor **321**, die Abzugsschleuse aus dem Pyrolysereaktor **322**, die Schleuse zwischen der Aufheizzone und dem Reformer **323**, der Verbrennungsluftstrom **351**, sowie der Prozeßdampfstrom **352**.

---

25

#### Ausführungsbeispiel

In der Vorrichtung gemäß Figur 1 werden 200 kg/h (atro) Holz, d.h. 286 kg/h

30 lufttrockenes Holz mit 30% Feuchte vergast. Das Holz enthalte 2% Asche (wasserfrei) und bestehe ansonsten im wesentlichen aus 50 % Kohlenstoff,



6 % Wasserstoff, 42 % Sauerstoff und 1,9 % Stickstoff, wasser- und aschefrei gerechnet. Der untere Heizwert betrage 18,0 MJ/kg in wasserfreiem Zustand. Die thermische Vergaserleistung betrage folglich 1.000 kW. Die Pyrolyse werde bei 550 °C und das Reforming mit Wasserdampf bei 950 °C durchgeführt. Der Arbeitsdruck ist Atmosphärendruck.

Als Wärmeträgermedium werden Stahlkugeln mit einer Korngröße von ca. 10 mm verwendet. Das Wärmeträgermedium werde zunächst von 500 auf 950 °C aufgeheizt. Aufgrund der erforderlichen Wärmeleistung von 251 kW für die Pyrolyse und das Reforming, sowie zur Abdeckung von Wärmeverlusten betrage die Umlaufmenge des Wärmeträgermediums 4.300 kg/h, also das 21,5-fache des Holzeintrages. Der Pyrolysereaktor ist ein ausgemauerter Schacht mit einer lichten zylindrischen Höhe von 1,3 m und einem lichten Durchmesser von 0,9 m, so daß dem pyrolysierenden Wanderbett eine Verweilzeit von 0,5 Stunden sicher zur Verfügung stehe. In der Pyrolyse werde das Holz so umgesetzt, daß 20 Massenprozent der Trockensubstanz des Holzes als Pyrolysekoks übrigbleiben, also 42 kg/h. Dieser habe einen Ascheanteil von 9,5 % und enthalte auf wasser- und aschefreier Basis 92,2 % Kohlenstoff, 2,6 % Wasserstoff und 5,2 % Sauerstoff. Der Heizwert betrage 29,1 MJ/kg. Die Reformierung laufe bei 950 °C in einer Wärmeträgerschüttung von 0,9 m lichter, zylindrischer Höhe und 0,7 m lichtem Durchmesser ab, so daß eine Gasverweilzeit von 0,5 sec sicher eingehalten wird. Damit wird folgendes Produktgas erhalten:

25

Heizwert:	9,10 MJ/kg, trocken
Wasserstoff:	59,7 Vol.-% tr.
Kohlenmonoxid:	17,0 Vol.-% tr.
Methan:	1,4 Vol.-% tr.
30 Kohlendioxid:	21,9 Vol.-% tr.
Wasserdampf:	24,8 Vol.-%

Menge: 402 Nm<sup>3</sup>/h  
Chem. Enthalpiestrom: 765 kW

Der Enthalpiestrom des Pyrolysekokes in die Feuerung beträgt 341 kW.  
5 Damit wird die Wärme für Reforming, Pyrolyse, Abwassereindampfung aus der Produktgaskühlung und Abdeckung der Wärmeverluste erzeugt und die in der Feuerung benötigte Verbrennungsluft auf 350 °C aufgeheizt. Der Feuerungswirkungsgrad beträgt 80,1 %, der Abgasverlust beträgt folglich 68 kW. Die fühlbare Wärme des Produktgases beträgt 168 kW, womit etwa 145  
10 kg/h eines Sattdampfes mit niedrigem Druck erzeugt werden können, wovon 50 kg/h als Prozeßdampf im Reforming benötigt werden, während der Rest anderweitig verwendet werden kann.

- 15 [1] US-PS 4,568,362  
[2] DE-PS 197 55693  
[3] M. Stenseng, A. Jensen, K. Dam-Johansen, M. Grønli: Experimental Investigation and Kinetic Modelling of Biomass Pyrolysis. Proc. 2nd Olle Lindström Symposium, Stockholm 8-11 June 1999, 97-104.

20

Liste der Bezugszeichen:

	101	-	Einsatzstoff
	102	-	Fördereinrichtung für Einsatzstoff
5	103	-	Schleuse
	104	-	Pyrolysereaktor
	105	-	Feuerung
	106	-	Schleuse
	107	-	Zweite Reaktionszone (Reformer)
10	108	-	Separate Leitung für Flüchtige
	109	-	zugeführter Prozeßdampf
	110	-	Wärmeträgermedium
	111	-	Katalysator
	112	-	Produktgasstrom
15	113	-	Abhitzekessel
	114	-	Reinigungs- und Konditionierungsstufe
	115	-	Ventilator
	116	-	gereinigter Produktgasstrom
	117	-	Aufheizzone (Vorwärmer)
20	118	-	Schleuse
	120	-	Schleus- und Fördereinheit
	121	-	Trennstufe
	122	-	Pyrolysekoksstrom
	123	-	Heißgasleitung
25	124	-	Förderorgan
	125	-	Luftvorwärmer (LUVO)
	126	-	Reinigungsstufe
	127	-	Saugzuggebläse
	151	-	Niedertemperaturwärme
30	152	-	Brüden
	153	-	Kondensatstrom

	154	-	Frischwasser
	155	-	Verbrennungsluft
	156	-	Asche-/Schlackestrom
	157	-	gereinigtes Abgas
5	158	-	Teilstrom gereinigtes Abgas
	201	-	Einsatzstoff
	202	-	Pyrolysereaktor
	203	-	Trennstufe
10	204	-	Feuerung
	205	-	Reformer
	206	-	Vorwärmer
	207	-	Dosierschleuse
	208	-	Dosierschleuse
15	209	-	Förderorgan
	210	-	Rohproduktgasstrom
	211	-	Abgasstrom
	251	-	Verbrennungsluft
	300	-	Einsatzstoff
20	301	-	Pyrolysereaktor
	302	-	Trennstufe
	303	-	Abkühlungs- und Konditionierungsstufe
	304	-	verwertbarer Koks
25	305	-	Feuerung
	306	-	fremder Brennstoff
	307	-	Produktgas
	308	-	Teilstrom Pyrolysekoks
	309	-	Aufheizzone (Vorwärmer)
30	310	-	Reformer
	311	-	Produktgas

- 312 - Abgas
- 313 - Fördereinrichtung für das Wärmeträgermedium
- 320 - Aufgabeschleuse für den Einsatzstoff
- 321 - Schleuse zwischen Reformier und Pyrolysereaktor
- 5 322 - Abzugsschleuse aus dem Pyrolysereaktor
- 323 - Schleuse zwischen Aufheizzone und Reformier
- 351 - Verbrennungsluftstrom
- 352 - Prozeßdampfstrom

Patentansprüche:

1.

- 5 Verfahren zur Vergasung von organischen Stoffen und Stoffgemischen, bei dem die organischen Stoffe in einem Pyrolysereaktor durch Kontakt mit einem heißen Wärmeträgermedium in einen kohlenstoffhaltigen Rückstand und Pyrolysegase als flüchtige Phase aufgespalten werden, der feste, kohlenstoffhaltige Rückstand einer Feuerung zugeführt und dort verbrannt wird, wobei zumindest Anteile der freigesetzten Wärme zur Aufheizung des Wärmeträgermediums genutzt werden, und die Pyrolysegase nach möglicher Zumischung eines Reaktionsmittels wie Wasserdampf in einer zweiten Reaktionszone unter Nutzung zumindest eines Teiles der in der Feuerung freigesetzten Wärme durch indirekten Wärmeaustausch derart nacherhitzt werden, daß ein Produktgas mit hohem Heizwert erhalten wird,
- 10 **dadurch gekennzeichnet, daß**
- a) das Wärmeträgermedium nach Verlassen des Pyrolysereaktors von dem festen, kohlenstoffhaltigen Rückstand in einer Trennstufe abgeschieden und in eine Aufheizzone gefördert wird,
- 20 b) der feste, kohlenstoffhaltige Rückstand in einer Feuerung verbrannt wird,
- c) die heißen Abgase der Feuerung in der Aufheizzone durch eine Schüttung des Wärmeträgermediums geführt werden, wobei sie einen großen Teil ihrer fühlbaren Wärme an das Wärmeträgermedium abgeben,
- d) das aufgeheizte Wärmeträgermedium aus der Aufheizzone in die als
- 25 ~~Wanderbettreaktor ausgeführte, zweite Reaktionszone~~ abgezogen wird, wo es das Gemisch aus Pyrolysegasen und Reaktionsmittel aufheizt und in das Produktgas umwandelt,
- e) das Wärmeträgermedium nach Durchtritt durch die zweite Reaktionszone wieder dem Pyrolysereaktor zugeführt wird.

22

2.

Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktion der  
Pyrolysegase mit dem Wasserdampf in Gegenwart eines Katalysators  
5 durchgeführt wird.

3.

10 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß  
das Wärmeträgermedium aus feuerfesten Stoffen wie Sand, Kies, Splitt,  
Aluminosilikat, Korund, Grauwacke, Quarzit oder Cordierit besteht.

15

4.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß  
das Wärmeträgermedium aus Formkörpern aus metallischen, hierunter be-  
vorzugt magnetischen Materialien oder nichtmetallischen Keramikmateriali-  
20 en, auch Sintermaterialien oder Eisenerzpellets besteht.

5.

25 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß  
die Gesamtheit des eingesetzten Wärmeträgermediums wenigstens zum Teil  
aus einem in der zweiten Reaktionszone katalytisch aktiven Material besteht.

23

6.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennung des Wärmeträgermediums von dem festen, kohlenstoffhaltigen Rückstand nach Verlassen des Pyrolysereaktors mechanisch über eine ein- oder mehrstufige Siebung erfolgt.

7.

10

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennung des Wärmeträgermediums von dem festen, kohlenstoffhaltigen Rückstand nach Verlassen des Pyrolysereaktors magnetisch erfolgt.

15

8.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennung des Wärmeträgermediums von dem festen, kohlenstoffhaltigen Rückstand nach Verlassen des Pyrolysereaktors pneumatisch mit Hilfe der Windsichtung erfolgt, und als Sichtermedium bevorzugt Luft, hier wiederum bevorzugt Verbrennungsluft für die Feuerung, oder Abgas, hier wiederum bevorzugt zurückgeführtes Abgas aus der Feuerung benutzt wird.

25

9.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Pyrolysegase oder des Produktgases in der Feuerung für den kohlenstoffhaltigen Rückstand oder einer separaten Feuerung verbrannt und die dabei freigesetzte Wärme in der Pyrolyse und der zweiten Reaktionszone genutzt wird.

30



24

10.

- 5 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des festen, kohlenstoffhaltigen Rückstandes getrennt oder zusammen mit dem Wärmeträgermedium in die Pyrolyse oder die zweite Reaktionszone zurückgeführt wird.

10

11.

- 15 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Förderung wenigstens eines der folgenden Medien diskontinuierlich oder schubweise erfolgt: organischer Stoff, Wärmeträgermedium, fester, kohlenstoffhaltiger Rückstand, Gemisch aus Wärmeträgermedium und festem, kohlenstoffhaltigem Rückstand bei Verlassen des Pyrolysereaktors.

20

12.

- 25 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die fühlbare Wärme des Produktgases und des Abgases der Feuerung wenigstens teilweise zur Erzeugung des Wasserdampfes als Reaktionsmittel oder zur Luftvorwärmung für die Feuerung benutzt wird.

13.

- 30 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die fühlbare Wärme des Produktgases und des Abgases der Feuerung

25

wenigstens teilweise zur Vortrocknung und Aufheizung des organischen Stoffes direkt oder indirekt genutzt wird.

5

14.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmeträgermedium nach Durchlaufen der Aufheizzone aufgeteilt wird in einen Teil, der die zweite Reaktionszone durchläuft, und einen Teil, der unmittelbar im Pyrolysereaktor eingesetzt wird, und das Wärmeträgermedium, welches die zweite Reaktionszone durchlaufen hat, in den Pyrolysereaktor weitergeleitet oder dem restlichen Wärmeträgermedium nach dem Pyrolysereaktor zugegeben wird.

15

15.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Reaktionsmittel, bevorzugt Wasserdampf, an einer beliebigen Stelle in den Pyrolysereaktor gegeben wird, bevorzugt in größtmöglicher Nähe zum Austrag des Gemisches aus dem Wärmeträgermedium und dem festen, kohlenstoffhaltigen Rückstand.

25

16.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß in der Feuerung zumindest teilweise ein fester, flüssiger oder gasförmiger Brennstoff eingesetzt wird, der weder der Einsatzstoff ist noch an irgendeiner Stelle innerhalb des Verfahrensablaufes aus diesem oder einem seiner Folgeprodukte gebildet wird.

26

17.

- 5 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Teilstrom des im Pyrolysereaktor erzeugten, festen kohlenstoffhaltigen Rückstandes ausgeschleust und nicht in der Feuerung verbrannt wird.

10

18.

- 15 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß in der Feuerung zumindest teilweise der Einsatzstoff direkt als Brennstoff eingesetzt wird.

19.

- 20 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß neben dem Wärmeträgermedium ein stark basischer, fester Stoff, bevorzugt Calciumoxid, Calciumhydroxid oder Calciumcarbonat, durch den Pyrolysereaktor geleitet wird, der anschließend ebenfalls vom Wärmeträgermedium abgetrennt und entweder durch die Feuerung oder unmittelbar nach
- 25 draußen geleitet wird.

20.

- 30 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Produktgas abgekühlt, und das dabei entstehende Kondensat ge-

gegebenenfalls gereinigt und zur Erzeugung des Prozeßdampfes wiederverwendet oder der Feuerung oder dem Wärmeträgermedium oder dem kohlenstoffhaltigen Rückstand vor der Feuerung zum Zweck der Eindampfung und Verbrennung der darin enthaltenen, verbrennlichen Anteile zugegeben

5 wird.

28

Fig. 1

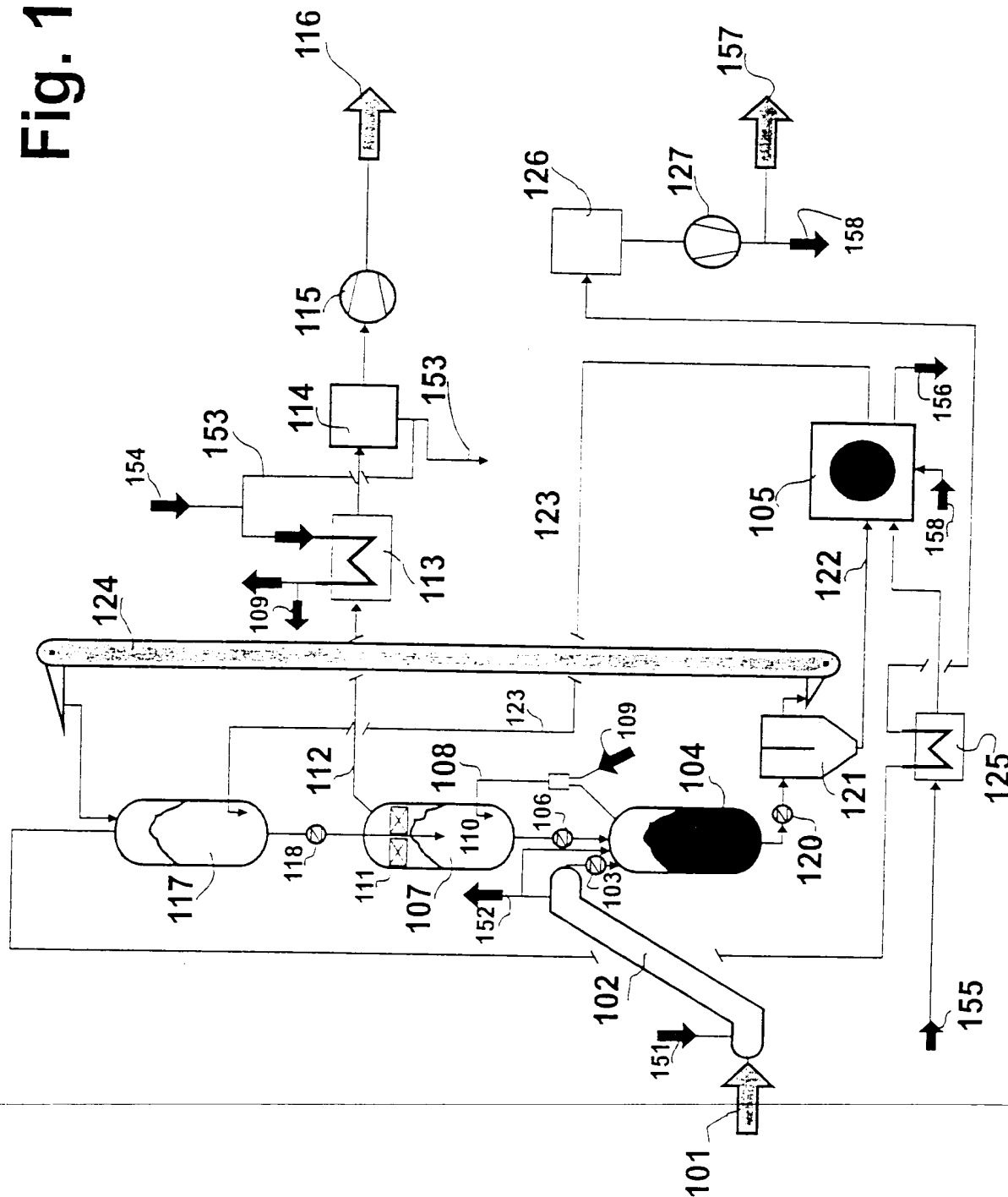


Fig. 2

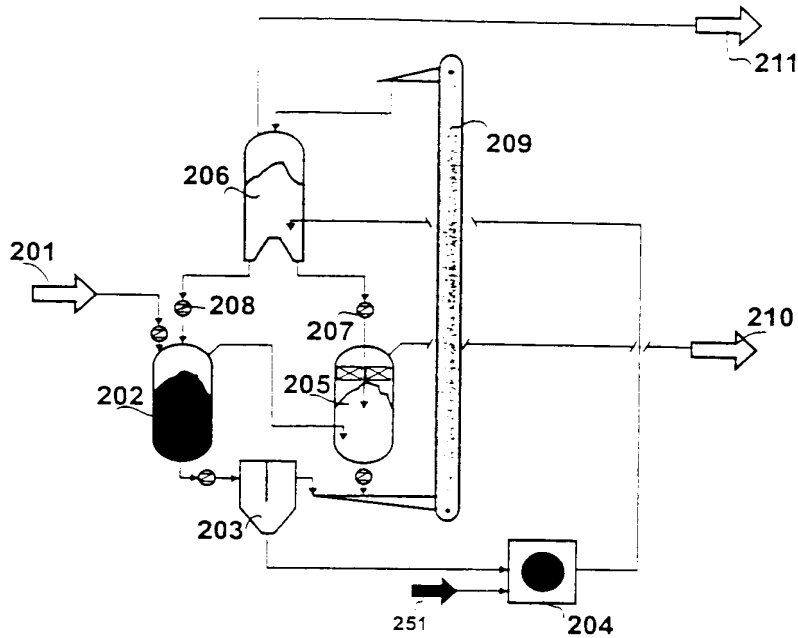
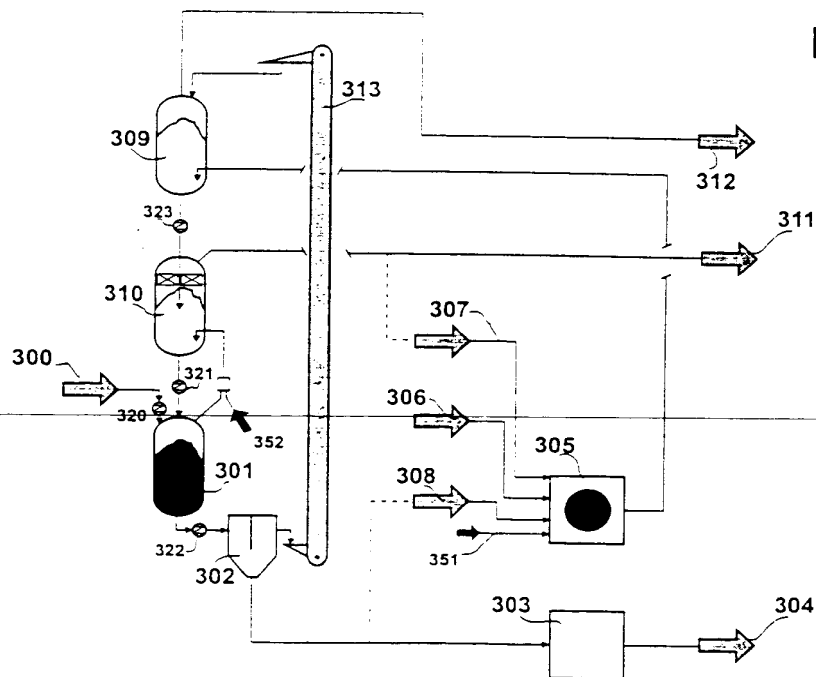


Fig. 3



## Zusammenfassung

### **Verfahren zur Vergasung von organischen Stoffen und Stoffgemischen**

5 Die Aufgabe, ein einfach durchzuführendes Verfahren zur Vergasung von organischen Stoffen mit geringem apparativen Aufwand zur Verfügung zu stellen, mit dem ein unverdünntes, heizwertreiches Produktgas hergestellt  
10 wird, und bei dem auf den Einsatz von Wirbelschichten und Wärmetauschern mit beidseitig hohen Temperaturen verzichtet, und die Wärme in besonders definierter Weise von der Feuerung an ein Wärmeträgermedium übertragen wird, wird dadurch gelöst, daß der Einsatzstoff (101) im Pyrolysereaktor (104) mit Hilfe des Kreislaufes eines heißen Wärmeträgermediums in eine  
15 flüchtige Phase und einen festen, kohlenstoffhaltigen Rückstand aufgespalten wird, wobei die flüchtige Phase nach Zumischung des Reaktionsmittels (109) ebenfalls mit Hilfe des Wärmeträgers in der zweiten Reaktionszone (Reformer) (107) durch weiteres Erhitzen in das Produktgas umgewandelt wird, während der feste, kohlenstoffhaltige Rückstand in der  
20 Trennstufe (121) vom Wärmeträger abgetrennt und in der Feuerung (105) verbrannt wird, und der Wärmeträger in der Aufheizzone (117) durch die Abgase der Feuerung (105) aufgeheizt wird, wonach der Wärmeträger wieder in den Reformer (107) und danach in den Pyrolysereaktor (104) zurückgeführt wird.

25

Fig. 1

